

Strategi Membangun Ekonomi Sirkular Industri Maritim Nasional melalui Konsep *Net Zero Emission*

Andi Komara, John S. Saragih, Kemal Rasyad, Kevin T.P. Iroth,
Maulina Dwiwanti, Sarifah U. Sahubawa

Fungsi Industri Maritim, Direktorat Industri Maritim, Alat Transportasi, dan Alat Pertahanan,
Direktorat Jenderal ILMATE
Email: andi-k@kemenperin.go.id

ABSTRAK

Penerapan strategi ekonomi sirkular industri maritim melalui konsep Net Zero Emission (NZE) dilatarbelakangi oleh target International Maritime Organization untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sektor pelayaran internasional dan target NZE Indonesia di tahun 2060. Penurunan emisi GRK dapat dilakukan dengan data kuantitatif Energy Efficiency Existing Ship Index dan Carbon Intensity Index yang diregulasi oleh pemerintah. Melalui strategi yang tepat, akan terbentuk ekonomi sirkular yang dapat diaplikasikan di Industri Maritim. Strategi yang dapat dilakukan berupa bahan bakar alternatif dan teknologi penunjang NZE. Dampak positif dan negatif dari penerapan konsep NZE perlu ditinjau lebih lanjut untuk menentukan langkah yang tepat. Kesimpulan yang didapatkan adalah menciptakan strategi mencapai NZE industri maritim beserta pembuatan tahapan dan rencana aksi yang mendukung.

Kata kunci: industri maritim, pelayaran, Net Zero Emission, Energy Efficiency Existing Ship Index, Carbon Intensity Index

ABSTRACT

The implementation of circular economy strategies in the maritime industry through the Net Zero Emission (NZE) concept is motivated by the International Maritime Organization's target to reduce greenhouse gas (GHG) emissions in the international shipping sector and Indonesia's NZE target by 2060. The reduction of GHG emissions can be achieved through quantitative data on the Energy Efficiency Existing Ship Index and the Carbon Intensity Index, which are regulated by the government. Through appropriate strategies, a circular economy can be established and applied in the Maritime Industry. Strategies that can be implemented include alternative fuels and supporting NZE technologies. The positive and negative impacts of implementing the NZE concept need to be further assessed to determine the appropriate steps. The conclusion is to create a strategy to achieve NZE in the maritime industry, including the development of stages and action plans that support it.

Keywords: maritime industry, shipping, Net Zero Emission, Energy Efficiency Existing Ship Index, Carbon Intensity Index

PENDAHULUAN

Industri pelayaran mengangkut 90% perdagangan dunia dan menyumbang 3% emisi GRK, yang diperkirakan naik menjadi 10-13% karena pertumbuhan permintaan. IMO menargetkan penurunan emisi GRK sebesar 40% pada 2030 dan 70% pada 2050 dari basis acuan tahun 2008 (IMO, 2021). IMO telah mengambil langkah strategis termasuk EEDI dan SEEMP, serta menetapkan CII dan sistem peringkat untuk mencapai target *net-zero emissions* sesuai dengan Perjanjian Iklim Paris 2015.

Pada tahun yang sama dengan adopsi regulasi IMO tentang emisi gas rumah kaca, yaitu pada tahun 2011, IMO juga mengadopsi regulasi energi efisiensi untuk kapal yang diatur dalam MARPOL *Annex VI*. Regulasi ini mencakup penggunaan *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) untuk kapal baru dan *Ship Energy Efficiency Management Plan* (SEEMP) untuk semua kapal. Sejak 1 Januari 2013, pembangunan kapal baru di atas 400 GT dan berlayar internasional wajib menghitung nilai EEDI, kecuali untuk anjungan lepas pantai dan kapal yang tidak memiliki sistem penggerak seperti tongkang.

EEDI sendiri merupakan indikator untuk mengukur jumlah emisi CO₂ per ton mil terhadap desain kapal baru. Untuk kapal baru dengan nilai EEDI yang memenuhi persyaratan *Marine Environment Protection Committee* (MEPC), maka akan diterbitkan Sertifikat Efisiensi Energi Internasional (IEEC). Namun, EEDI hanya mewakili aspek desain teknis seperti optimalisasi mesin, lambung, dan baling-baling atau penggunaan bahan bakar non-fosil, namun tidak mencakup aspek operasional atau komersial.

Pada 1 Januari 2023, IMO mewajibkan semua kapal di atas 400 GT yang berlayar internasional untuk menghitung *Energy Efficiency Existing Ship Index* (EEXI).

Penghitungan indikator dalam EEXI pada prinsipnya sama dengan EEDI, namun EEXI berlaku untuk kapal eksisting yang dibangun sebelum 1 Januari 2013. Untuk kapal yang dibangun setelah 1 Januari 2013 dan nilai EEDI masih memenuhi persyaratan EEXI yang berlaku, maka tidak perlu melakukan penghitungan EEXI, dan kapal secara otomatis memenuhi persyaratan EEXI dan diterbitkan IEE *certificate*. Namun, kapal yang nilai EEDI-nya tidak memenuhi persyaratan EEXI harus melakukan penghitungan EEXI sesuai dengan pedoman yang ditetapkan oleh MEPC. IMO mempersyaratkan penurunan EEDI secara bertahap dalam 4 periode hingga 2025.

Sejak 1 Januari 2023, IMO juga mewajibkan semua kapal di atas 5.000 GT yang berlayar internasional mengukur efisiensi energi kapal saat beroperasi dan melakukan pengumpulan data secara *annual* untuk pelaporan *Carbon Intensity Indicator* (CII) dan peringkat/*rating* CII. *Rating* CII dibagi ke dalam kategori A (*Major Superior*), B (*Minor Superior*), C (*Moderate*), D (*Minor Inferior*), dan E (*Inferior*). Data CII dan CII *rating* kan mulai terlihat pada tahun 2024.

Apabila sebuah kapal mendapatkan *rating* D selama tiga tahun berturut-turut, atau E selama satu tahun, maka harus menyerahkan rencana perbaikan untuk mencapai *rating* C atau lebih. Administrasi, otoritas pelabuhan, dan pemangku kepentingan lainnya diharapkan dapat memberikan insentif kepada kapal yang diberi peringkat A atau B.

Target NZE tersebut dilatarbelakangi oleh *Paris Climate Agreement* tahun 2015 yang bertujuan untuk mengurangi dampak pemanasan global akibat emisi GRK (ESDM, 2022). Emisi GRK dapat dikurangi dengan melakukan efisiensi pemanfaatan energi dan transisi penggunaan teknologi energi baru terbarukan di berbagai sektor. Transportasi menyumbangkan kontribusi 22% dari kontribusi emisi GRK sektor ekonomi

(Association, 2014). Kapal sebagai alat transportasi utama di sektor pelayaran termasuk penyumbang emisi GRK yang rendah, sebesar 11%, jika dibandingkan dengan mobil (40%), truk (34%), pesawat (11%), dan kereta (4%). Meskipun demikian, emisi GRK dari kapal diproyeksikan meningkat 50%-250% pada tahun 2050 (Team U. , 2019). Oleh karena itu, strategi yang tepat diperlukan untuk mencapai NZE sektor pelayaran. Strategi pemecahan masalah emisi GRK perkapalan dapat dilakukan dengan mengembangkan bahan bakar alternatif, membuat teknologi pendukung (kapal *hybrid* dan listrik), dan dukungan regulasi yang mengatur standar NZE industri maritim.

Ekonomi sirkular merupakan konsep ekonomi yang dipakai sebagai alat untuk mendukung penerapan NZE dengan prinsip pengurangan limbah/polusi, penggunaan bahan baku selama mungkin, dan pelaksanaan sistem regeneratif (Bappenas, 2022). Pada industri maritim, baik kapal maupun komponen penunjangnya dapat menerapkan konsep ekonomi sirkular dengan cara penutuhan, konversi, reparasi, dan pemakaian kembali. Melalui konsep tersebut, akan tercipta peluang industri baru yang lebih ramah lingkungan sehingga terjadi peningkatan pendapatan dan pengurangan biaya (Pennington, 2022). Pencapaian NZE akan terealisasi ketika kapal yang memiliki emisi GRK tinggi diganti dengan kapal yang lebih rendah emisi GRK-nya melalui penerapan konsep sirkular ekonomi (Port Economics, 2021).

Kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia membuat transportasi laut masih menjadi tumpuan untuk menghubungkan masyarakat antar daerah. Hal itu pun mendorong banyaknya kapal laut di dalam negeri, baik milik lokal maupun asing. Kementerian Perhubungan (Kemenhub) melaporkan jumlah armada kapal laut di Indonesia sebanyak 72.313 unit pada

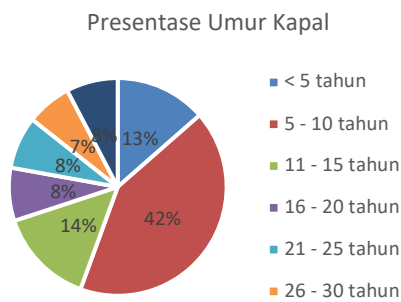
2021. Angka tersebut meningkat 13,9% dari tahun sebelumnya yang sebanyak 63.490 unit. Dari jumlah tersebut, 37.722 unit merupakan kapal laut nasional. Kemudian, sebanyak 34.546 unit merupakan kapal keagenan asing. Sedangkan, sisanya sebanyak 45 unit merupakan kapal *carter* asing.



Gambar 1. Jumlah kapal di Indonesia (Perhubungan, 2021)

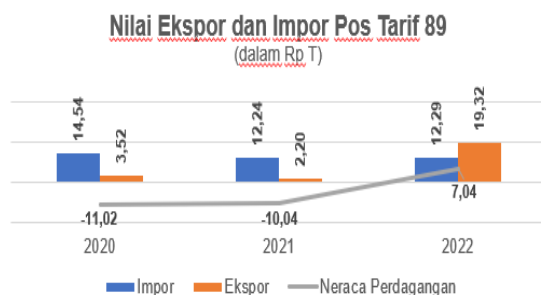
Kemenhub juga mencatat, terdapat 98.123 kapal laut berbendera Indonesia. Jumlah ini terdiri dari 48.779 unit kapal barang, 4.772 unit kapal penumpang, dan 44.572 unit kapal ikan. Total tersebut meningkat 4,7% dibanding tahun sebelumnya yang sebesar 93.737 unit seperti dapat dilihat pada Gambar 1 (Perhubungan, 2021).

Berdasarkan laporan PT. Badan Klasifikasi Indonesia (BKI) terkait umur kapal di Indonesia, didapatkan sebanyak 30% atau 2.671 unit dari populasi kapal yang didaftarkan berusia tua atau diatas 15 tahun. Saat ini populasi kapal di Indonesia didominasi oleh kapal berusia 5-10 tahun dengan persentase 42% atau sebanyak 3.735 unit kapal. Sedangkan kapal dengan usia muda dibawah 5 tahun sebanyak 13% atau 1.205 unit kapal. Kondisi kontras diperlihatkan pada kelompok kapal yang berusia paling tua atau diatas 30 tahun yang masih beroperasi sebanyak 8% atau 682 unit kapal seperti dilihat pada Gambar 2 (BKI, 2022).



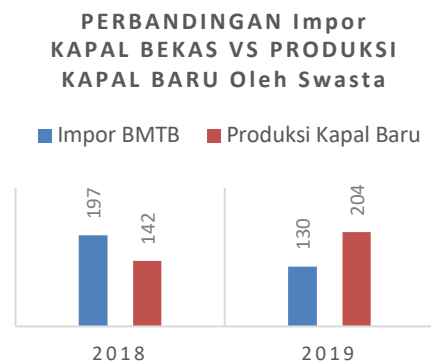
Gambar 2. Persentase umur kapal (BKI, 2022)

Kemampuan daya saing galangan kapal nasional tidak berbanding lurus dengan permintaan operator kapal nasional untuk menggunakan produk kapal dalam negeri. Hal ini dapat terlihat dari neraca perdagangan indonesia sektor perkapalan mengalami negatif sebanyak 11 triliun rupiah pada tahun 2020 dan 2021 (BPS, 2022) seperti dapat dilihat pada Gambar 3 (Kemenperin, 2022). Tiga besar negara impor kapal didominasi oleh produsen kapal dunia yaitu Tiongkok, Korea Selatan dan Jepang. Tetapi dengan meningkatnya harga komoditas gas dan pertambangan, pada tahun 2022 Indonesia mengalami positif neraca perdagangan sebanyak 7,04 triliun rupiah. Jenis produk yang menjadi pilihan utama ekspor adalah bangunan lepas pantai untuk kepentingan pertambangan dan gas, kapal multi utilitas kelas ringan dan kapal tunda dengan. Negara seperti Senegal, Denmark, dan Singapura merupakan negara mitra perdagangan utama terkait ekspor.



Gambar 3. Nilai ekspor & impor Pos Tarif 89 (Kemenperin, 2022)

Perusahaan operator kapal Indonesia, selain memiliki kecenderungan untuk membangun kapal baru di luar negeri, juga lebih memilih melakukan impor kapal bekas. Berdasarkan data laporan persetujuan impor (Kemendag, 2019) didapatkan pada tahun 2018-2019 telah disetujui permohonan impor kapal bekas sebanyak 227 unit kapal. Pada tahun 2019, jumlah kapal impor bekas jauh lebih banyak melampaui produksi kapal baru oleh pihak swasta sebanyak 142 unit seperti dapat dilihat pada Gambar 4 (Kemenperin, 2022). Kondisi berbeda diperlihatkan tahun 2019 ketika dilakukan wacana pengetatan umur kapal dimana produksi kapal baru lebih banyak dari kapal bekas.



Gambar 4. Perbandingan impor kapal bekas dan produksi kapal baru (Kemenperin, 2022)

Kapal diperkirakan memiliki masa hidup normal sekitar 30-40 tahun setelah perbaikan atau renovasi menjadi tidak ekonomis. Setelah umur kapal dinilai tidak ekonomis lagi, maka kapal tersebut diharuskan untuk didaur ulang di tempat pemotongan kapal atau *ship recycling yard*. Pada data umur kapal didapati banyaknya kapal berusia tua dan memiliki tonase yang besar. Tetapi belum ada regulasi ataupun aturan terkait dalam pembatasan umur kapal, hal ini tentu akan berdampak pada isu keselamatan, keamanan, ekonomis dan pengembangan industri dalam negeri.

Melalui latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah, yaitu:

1. Bagaimana dampak penerapan resolusi IMO terkait NZE ketika diratifikasi oleh Indonesia dan diterapkan di pelayaran domestik, mengingat sampai saat ini faktor efisiensi kapal dan emisi CO₂ yang dihasilkan belum menjadi salah satu pertimbangan untuk menjustifikasi sebuah kapal layak beroperasi atau tidak?
2. Bagaimana pengaruh penerapan konsep NZE dalam membangun *circular economy* industri maritim di Indonesia?
3. Bagaimana mengukur dampak positif penerapan NZE bagi pertumbuhan industri perkapalan dan penguatan struktur industri dalam negeri?
4. Apa saja tantangan yang akan dihadapi Indonesia ketika menerapkan NZE di sektor pelayaran domestik?
5. Apa saja inisiatif dan rencana aksi yang perlu disusun untuk mengantisipasi penerapan NZE di sektor pelayaran domestik?

METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan adalah metode deskriptif. Penelitian dilakukan dengan melakukan kunjungan dan diskusi kepada perusahaan industri dan kementerian/lembaga terkait. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan dengan mencari referensi-referensi dari laporan dan artikel pendukung. Keluaran dari penelitian ini adalah sebuah studi sebagai bahan pertimbangan sebuah kebijakan NZE sektor industri maritim di Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghitungan EEXI pada prinsipnya mencakup 4 (empat) faktor utama yang berpengaruh dapat efisiensi sebuah kapal yaitu daya mesin

(engine power), kecepatan referensi (reference speed), spesifikasi bahan bakar (specific fuel consumption), dan kapasitas (capacity), serta tambahan satu parameter yaitu Faktor konversi CO₂ (CO₂ conversion factor) yang berkorelasi dengan spesifikasi bahan bakar yang digunakan. Konsep formula penghitungan EEXI dapat dilihat pada Gambar 5 (ClassNK, 2021).

$$EEXI \text{ [g/ton-mile]} = \frac{\text{CO}_2 \text{ Faktor Konversi} \times \text{SFC [g/kWh]} \times \text{Tenaga Mesin [kW]}}{\text{Kapasitas [ton]} \times \text{Kecepatan EEXI [knots]}}$$

(SFC: CO₂ gram bakar per kWh yang diperlukan 1 ton kapal untuk 1 jam di laut)

Gambar 5. Formula EEXI (ClassNK, 2021)

Verifikasi EEXI dilakukan untuk 2 kondisi kapal sebagai berikut:

1. Kapal yang dikirim sebelum 1 Januari 2023, verifikasi EEXI dilakukan pada saat salah satu diantara survey tahunan (annual survey), survey intermediate (intermediate survey), atau survey pembaharuan (renewal survey) untuk sertifikasi International Air Pollution (IAPP) yang jatuh pada tanggal 1 Januari 2023 atau setelah tanggal tersebut.

2. Kapal yang dikirim tepat pada 1 Januari 2023 atau setelahnya verifikasi EEXI dilakukan pada saat survey pendahuluan (initial survey) the International Energy Efficiency Certificate (IEE Certificate)

Apabila kapal tidak memenuhi batas EEXI yang dipersyaratkan maka beberapa langkah yang bisa dilakukan di antaranya:

1. Membatasi daya mesin yang berpengaruh pembatasan kecepatan kapal;
2. Pemasangan peralatan hemat energi pada kapal;
3. Menggunakan bahan bakar alternatif yang rendah karbon;
4. Mengganti dengan kapal baru.

Berbeda dengan EEXI yang merupakan pendekatan teknis untuk mengukur efisiensi desain dan teknologi sebuah kapal, Carbon Intensity Indicator (CII) merupakan

pendekatan operasional untuk mengukur seberapa efisien sebuah kapal mengangkut barang atau penumpang yang dihitung dari berapa gram emisi CO₂ yang dihasilkan per kapasitas angkut kargo dan mil laut. Penghitungan CII berdasarkan 3 (tiga) parameter utama yaitu, konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂ yang dihasilkan, kapasitas, serta jarak pelayaran (*distance sailed*). Konsep formula penghitungan CII dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk mencapai *Net Zero Emission* (NZE), pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) pada kapal dapat dilakukan dengan mengacu pada komponen variabel formula perhitungan EEXI dan CII. Variabel-variabel tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga inisiatif solusi dekarbonisasi di sektor perkapalan, yaitu:

1. Teknologi kapal hemat energi

Potensi pengurangan emisi GRK pada bagian ini berkaitan dengan *green ship design* yang dapat dicapai dengan memperhatikan jenis teknologi yang digunakan (Grzelakowski dkk., 2022), antara lain:

- a. Penggunaan material ringan: 0–10%;

- b. Desain kapal ramping: 10–15%;
- c. *Propulsion improvement devices*: 1–25%;
- d. *Bulbous bow*: 2–7%;
- e. *Air lubrication* dan *hull surface*: 2–9%;
- f. *Deep heat recovery*: 0–4%

Contoh teknologi yang mendukung NZE adalah *wind-assisted propulsion* dan *battery-powered propulsion*. Selain itu, teknologi pada *hull* kapal seperti *hull coating* dan *air lubrication* juga dapat mengurangi emisi. Teknologi lainnya yang sudah dikembangkan untuk mendukung NZE antara lain *anti fouling coat*, *ballast water treatment system*, *electronic fuel injection*, dan lain-lain.

2. Bahan bakar alternatif

Penggunaan bahan bakar kapal alternatif berpotensi terhadap pengurangan emisi GRK sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2 (Andrzej S Grzelakowski, 2022). Pengurangan emisi GRK dapat berbeda secara signifikan bergantung pada berbagai faktor seperti ukuran kapal, profil operasional, rute, dan sebagainya.

Tabel 1. Perhitungan nilai CII

Tipe kapal	Metode kalkulasi	Catatan
<i>Bulk carriers</i> , tanker, kapal kontainer, kapal gas, kapal LNG, kapal ro-ro kargo, kapal kargo umum, kapal kargo berpendingin, kapal kombinasi	$\frac{\text{Emisi CO}_2}{\text{Massa (DWT)} \times \text{Jarak pelayaran}}$	DWT: berhubungan dengan kapasitas maksimal saat musim panas = nilai pada sertifikat IEE
Kapal penumpang (<i>cruise</i>), kapal ro-ro (pengangkut kendaraan), kapal ro-ro penumpang	$\frac{\text{Emisi CO}_2}{\text{Massa (GT)} \times \text{Jarak pelayaran}}$	

Tabel 2. Potensi pengurangan emisi GRK dengan bahan bakar alternatif (Andrzej S Grzelakowski, 2022)

No.	Jenis bahan bakar alternatif	Potensi pengurangan emisi GRK
1.	<i>Biofuel</i>	25–100%
2.	LNG	0–20%
3.	Hidrogen	0–100%
4.	Amonia	0–100%
5.	<i>Fuel cells</i>	2–20%
6.	Baterai	0–100%
7.	Angin	1–32%
8.	Matahari	0–12%
9.	Nuklir	0–100%

3. Manajemen operasional

Peningkatan efisiensi operasional kapal juga dapat mengurangi emisi GRK. Ini dapat mencakup langkah-langkah seperti mengoptimalkan rute, mengurangi kecepatan, menggunakan pencahayaan LED, mengoptimalkan sistem pemanas dan pendingin, serta menggunakan peralatan hemat energi. Potensi pengurangan emisi GRK ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi pengurangan emisi GRK dengan peningkatan efisiensi operasional (E.A. Bouman, dkk. 52, 2017 & Grzelakowski dkk., 2022)

No.	Peningkatan efisiensi operasional	Potensi pengurangan emisi GRK
1.	<i>Operational dashboard to optimize route</i>	5%
2.	<i>Vessels monitoring system</i>	3%
3.	<i>Trim optimization</i>	3%
4.	<i>Reduce port time</i>	3%
5.	<i>Regulate the speed of ships</i>	10%
6.	<i>Onshore power</i>	3%

Net Zero Emission pada sektor perkapalan memiliki dampak positif yang signifikan, di antaranya:

1. Peremajaan kapal

MARPOL *Annex VI* mengatur batas emisi SOx dan NOx dari kapal dan tindakan efisiensi energi untuk mengurangi emisi GRK. Kapal tua sulit memenuhi batas emisi dan persyaratan efisiensi energi, namun IMO telah mengembangkan pedoman untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi. Pedoman ini merekomendasikan pembersihan dan pengecatan lambung, penggantian mesin, pemasangan peralatan hemat energi, dan penggunaan bahan bakar alternatif. Resolusi ini mendorong kapal tua di Indonesia untuk melakukan peremajaan dan memenuhi persyaratan IMO. (UNCTAD, 2021).

2. Peningkatan Peluang Pembangunan Kapal Baru

IMO mendorong penghapusan secara bertahap kapal-kapal tua yang kurang efisien dan menggantinya dengan kapal yang lebih baru dan lebih efisien. Hal ini didasari oleh perhitungan perbandingan nilai biaya peremajaan atau konversi kapal dengan pembangunan kapal baru. Indonesia memiliki 75% armada kapal nasional yang berusia sudah diatas 20 tahun serta ukuran kapal yang umumnya kecil (Hasbullah, 2016) yang menyebabkan pembangunan kapal baru dianggap lebih baik dari segi nilai ekonomis. Pembangunan kapal baru ini dapat meningkatkan investasi pada industri pembangunan kapal yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

3. Transfer Teknologi

Pembangunan kapal memiliki potensi besar untuk menghasilkan gas rumah kaca (GHG) yang dapat berdampak negatif pada

lingkungan. Namun, teknologi telah berkembang untuk mengurangi emisi GHG dalam pembangunan kapal. Dalam *Fourth IMO GHG Study* tahun 2020 ditunjukkan tabel terkait *penetration rates* yaitu persentase kapal yang akan menerapkan masing-masing teknologi ramah lingkungan seperti dilihat pada Tabel 4 (IMO, 2021). Skenario 1 adalah perkiraan normal sedangkan skenario 2 diasumsikan memiliki hambatan implementasi yang relatif tinggi.

Tabel 4. *Penetration rates* penerapan teknologi hijau pada perkapalan (IMO, 2021)

Ship Type	Size	Phase 0 1 Jan 2013 – 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 – 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 – 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 and onwards
Bulk carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Gas carrier	10,000 DWT and above	0	10	20	30
	2,000 – 10,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Tanker	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
Container ship	15,000 DWT and above	0	10	20	30
	10,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
General Cargo ships	15,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 15,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Refrigerated cargo carrier	5,000 DWT and above	0	10	15	30
	3,000 – 5,000 DWT	n/a	0-10*	0-15*	0-30*
Combination carrier	20,000 DWT and above	0	10	20	30
	4,000 – 20,000 DWT	n/a	0-10*	0-20*	0-30*
LNG carrier***	10,000 DWT and above	n/a	10**	20	30
Ro-ro cargo ship (vehicle carrier)***	10,000 DWT and above	n/a	5**	15	30
Ro-ro cargo ship***	2,000 DWT and above	n/a	5**	20	30
	1,000 – 2,000 DWT	n/a	0-5**, **	0-20*	0-30*
Ro-ro passenger ship***	1000 DWT and above	n/a	5**	20	30
	250 – 1,000 DWT	n/a	0-5**, **	0-20*	0-30*
Cruise passenger ship*** having non-conventional propulsion	85,000 GT and above	n/a	5**	20	30
	25,000 – 85,000 GT	n/a	0-5**, **	0-20*	0-30*

Dalam tabel tersebut proyeksi rata-rata penerapan teknologi ramah lingkungan pada 2030 adalah 70%. Penerapan resolusi IMO di Indonesia akan berdampak terjadi transfer teknologi dari pihak luar negeri baik dari desain, pelatihan penggunaan atau pemasangan, dan proses perbaikan dari komponen dan kapal. Transfer

teknologi ini dapat terjadi apabila terdapat regulasi yang mendukung Peningkatan Produk Dalam Negeri dalam sektor maritim sehingga Indonesia tidak hanya mengimpor kapal namun investor melakukan investasi dalam mendukung pembangunan kapal dalam negeri.

4. Penguatan Struktur Industri Maritim Industri komponen maritim di dalam negeri terdiri dari lima bagian: *sparepart*, perpipaan, *interior*, kelistrikan, dan perlengkapan dek. Komponen seperti *main engine, cat, propeller, cooling system*, dan sistem energi sangat penting dalam menerapkan resolusi IMO. Tantangan terbesar adalah bahan baku dan teknologi dalam pengembangan dan inovasi, serta pendalaman struktur industri untuk meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan daya saing di pasar global.

5. Penutupan Kapal Tua Pasar penutupan kapal di Indonesia semakin terbuka karena adanya resolusi IMO yang mendorong penghentian kapal-kapal tua yang tidak efisien. Peluang ini dapat menghasilkan substitusi impor untuk slab atau billet yang terbuat dari besi dan baja. Besi dan baja hasil dari penutupan kapal merupakan besi baja berkualitas tinggi (*marine grade*) yang dapat mendukung rantai pasok bahan baku dalam negeri. Diperkirakan Indonesia dapat menghemat penggunaan scrap metal dan memperoleh 100 USD untuk setiap 1 tonnya (Susilo, 2020). Namun, untuk mendukung resolusi IMO, perusahaan pelayaran domestik membutuhkan investasi besar untuk mengadaptasi armada kapal sesuai dengan aturan perhitungan intensitas karbon. Hal ini akan meningkatkan biaya logistik nasional yang dapat memiliki efek domino di seluruh pelosok Indonesia. Biaya tambahan sebanyak 2% untuk penerapan

EEXI dan 7,1% untuk penurunan GRK dengan intensitas tinggi dapat terjadi (UNCTAD, 2021). Oleh karena itu, diperlukan investasi dan koordinasi yang baik antara pemerintah dan pelaku industri untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi emisi GRK agar dapat bersaing di pasar global dan mengurangi ketergantungan pada impor besi dan baja.

KESIMPULAN

Indonesia aktif sebagai anggota IMO, penting dalam menentukan aturan maritim internasional dan kebijakan maritim nasional. Target NZE pemerintah di tahun 2060 sejalan dengan target IMO menurunkan emisi GRK di sektor pelayaran internasional, yang bisa diterapkan di wilayah perairan Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar dan poros maritim dunia.

Penerapan NZE untuk pelayaran domestik dapat mendukung ekonomi sirkular industri maritim dan memberikan berbagai manfaat, seperti meningkatkan efisiensi sumber daya, peluang pembangunan kapal baru, penguatan struktur industri nasional, daya saing dan berkelanjutan, serta akses pasar kapal produksi. Penyusunan tahapan dan rencana aksi NZE di sektor pelayaran domestik penting dilakukan untuk memberikan kesempatan bagi industri pelayaran, galangan kapal, bahan baku dan komponen, serta aktivitas ekonomi lainnya di sepanjang rantai nilai sektor kemaritiman melakukan justifikasi dan penyesuaian terhadap strategi bisnisnya, dan meminimalkan dampak negatif dari kebijakan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

ESDM, K. (2022, Februari 15). *Berkenalan dengan Net Zero Emission*. Retrieved

from PPSDMAparatur ESDM: 1) <https://ppsdmaparatur.esdm.go.id/sep-utar-ppsdma/berkenalan-dengan-net-zero-emission>

Association, I. E. (2014). *The Geography of Transport Systems*. Retrieved from Transport Geography: 2) <https://transportgeography.org/contents/chapter4/transportation-and-environment/greenhouse-gas-emissions-transportation/>

Team, U. (2019, Juni 25). *UCL Energy Institute*. Retrieved from New infographics from our Shipping Team highlight how carbon emissions could be cut by 2050: <https://www.ucl.ac.uk/bartlett/energy/news/2019/jun/new-infographics-our-shipping-team-highlight-how-carbon-emissions-could-be-cut-2050>

Team, X. (2022, Maret 29). *XChange*. Retrieved from Container XChange: <https://www.container-xchange.com/blog/shipping-emissions/>

Bappenas, D. L. (2022). Kebijakan dan Penerapan Ekonomi Sirkular di Indonesia dalam Mendukung Pembangunan Rendah Karbon dan Ekonomi Hijau. *Workshop Circular Economy Sektor Industri* (p. 17). Jakarta: Bappenas.

Pennington, J. (2022, Februari 23). *World Economic Forum*. Retrieved from weforum: <https://www.weforum.org/agenda/2022/02/3-ways-circular-economy-renewables-energy-transition/>

Port Economics, M. a. (2021). *Port Economics, Management and Policy*. Retrieved from Port Economics Management: <https://porteconomicsmanagement.org/pemp/contents/part2/green-supply-chain-management-ports/circular-economy-ports-maritime-shipping/>

- Perhubungan, K. (2021). *Jumlah Kapal Laut Nasional dan Asing di Indonesia*. Jakarta: Kemenhub.
- BKI, P. B. (2022). *Persentase Usia Kapal*. Jakarta: BKI.
- Kemenperin, P. D. (2022). *Neraca Perdagangan*. Jakarta: Pusdatin.
- Evert A Bouman, E. L. (2017). State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Mei.
- Andrzej S Grzelakowski, J. H. (2022). Maritime Shipping Decarbonization: Roadmap to Meet Zero-Emission Target in Shipping as a Link in the Global Supply Chains. *Energies*, Agustus.
- Hasbullah, M. (2016). Strategi Penguatan Galangan Kapal Nasional Dalam Rangka Memperkuat Efektifitas Dan Efisiensi Armada Pelayaran Domestik Nasional 2030. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*, 103-112.
- UNCTAD. (2021). *UNCTAD Assessment of the Impact of the IMO Short-Term GHG Reduction Measure on States*. Geneva: United Nations.
- Susilo, N. (2020, Februari 12). *Kompas*. Retrieved from Kompas ID: <https://www.kompas.id/baca/ekonomi/2020/02/12/pemerintah-perlunak-impor-scrap-dan-slag>
- IMO, I. M. (2021). *Fourth IMO Greenhouse Gas Study*. London: IMO.
- ClassNK. (2021). Outlines of EEXI Regulations. *EEDI Section of Marine GHG Certification Department* (p. 36). Tokyo: ClassNK.